

反対することの多様性が生み出す「賛成・反対」で割り切れない論理

Logic that can not be divided by "agree / disagree" created by diversity of opposition

1w130602-3 吉成 愛 指導教員 郡司 幸夫 教授

YOSHINARI Ai

Prof. GUNJI Yukio

概要：人間の判断や意思決定に認められる認知傾向には、非論理的判断や環境（状況）に応じた意思決定の変化などが知られており、認知科学の様々な分野で議論されている。しかし、こうした推論がどのような論理に従っているかを評価する研究はほとんどない。そこで本研究では、複雑な状況下における意思決定が論理的にどのような特徴付けられるかを探求するための、三次元迷路空間を用いた認知実験を行った。実験条件は「被験者のキー操作の影響度合い」「歩行妨害」「方向感覚の変化」により分類された。得られた時系列データから被験者が単位とする経験長をビット列集合として導き、集合論において論理を表す方法であるところの束を導入することで、推論過程をモデル化した。束の代数的特徴から推論過程における論理を解析した。その結果、歩行妨害が加わるとき進行方向の調整の仕方が多様化し、特にそれは方向感覚も問われる条件下で顕著に表れることが示された。

キーワード：推論、論理、半順序集合、最大元交操作、束

Keywords: inference, logic, partial order set, topped intersection structure, lattice

1 はじめに

ウェイソンの4枚カード選択課題は、人間の推論を探求するための課題として、多くの仮説により非論理的推論の可能性が示されている。人間特有の判断や意思決定の傾向は、認知科学の様々な分野において議論されている。そこで本稿では、被験者に様々な妨害が加わる三次元空間内で直進移動を課題とする迷路実験を行い、進行方向の調整の仕方がタスク（人間に加わる妨害）によってどのように論理的に特徴付けられるかを明らかにした。解析では意思決定の論理構造を調べるために時系列データから論理を直接推定する方法を提案する。

2 方法論

2-1 実験方法

PC画面上には柱上のオブジェクトが並ぶ三次元迷路空間が表示され（図1）、左右キー操作だけをを用いた直進移動を課題とした。実験は、被験者のキー操作の影響度合い（移動距離）が乱数によりランダムに決められる条件、被験者自身の操作の間にPC操作（妨害）が加わる条件、左右の移動だけでなく方向変換を含む条件に区別された。

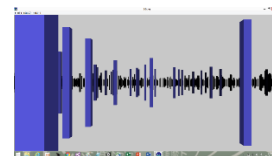


図1 PC画面上に呈示される景色（条件1~10）

2-2 解析方法

得られた時系列データを、左を0右を1とした二値のビット列に変換し、後続ビット列（出力）が先行するビット列（入力）に対する写像として決定されるように入力ビット列の集合を求めた（ここで得られた入力ビット列が n ビット長だとすると、集合は全ての n ビット長を集めた集合の部分集合ということになる）。これを、集合論において論理を考えるための方法として知られている束に変換し「被験者が n ビット長で入力・出力を決めていた」という意思決定モデルをつくる。束に見られる論理構造から推論過程の特徴を考察する。ここで、全ての n ビット長を集めた集合の部分集合を束にする方法として最大元交操作を採用している。

3 束

束は次のように定義される。まず集合 X において任意の要素 $A = a_1 a_2 a_3 \dots a_n$ $B = b_1 b_2 b_3 \dots b_n$ ($i=1, 2, \dots, n$) としたとき任意の i について $a_i \leq b_i$ が成り立つとき $A \leq B$ として順序関係を定義する。このとき上限を $A \cup B = \max(a_1 b_1) \max(a_2 b_2) \dots \max(a_n b_n)$, 下限を $A \cap B = \min(a_1 b_1) \min(a_2 b_2) \dots \min(a_n b_n)$ によって定義し、任意の 2 元集合に対する上限、下限が共に集合 X に属するとき集合 X を束という。ここで n ビット列の部分集合を束にするために最大元交操作を適用するが、ここで得られた集合は、下限について閉じているが上限について閉じていない。上限、下限を $A \cup B$, $A \cap B$ と定義する限り束とはいえない。そこで先に示した上限の定義を次の定義に置き換える。 $A \vee B = \cap \{ X \in T(S) \mid A \leq X, B \leq X \}$ と再定義すると n ビット列の部分集合についても上限、下限共に集合に属し、束と言える。

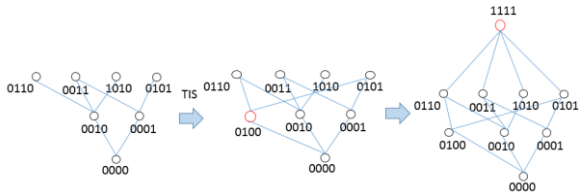


図 2 時系列データから得た 4 ビット列の部分集合（入力を表すビット列集合）に最大元交操作を加える様子をハッセ図で示したもの。更に、上限を再定義することで論理構造をもつ束を得ることが出来た。

4 束において重要な代数構造（相補率・分配率）

束における元・補元の対応から相補率・分配率を定義する。 $X \vee X^c$ が最大元、 $X \wedge X^c$ が最小限となる X と X^c は互いに元と補元の関係にあり、全ての元が少なくとも 1 つは補元をもつ束を「相補束」という。また「分配束」においては、補元が存在するなら唯一となる。ここでは、相補率 $e = \text{補元をもつ元の数} / \text{元の総数}$ 、分配率 $d = \text{補元の総数} / \text{補元のある元の数}$ を定義し、解析の指標とする。

5 実験結果

束の代数構造を表す c, d 、更にスタート位置からの最大ぶれ数、入力ビット長を求めた。 c に関して条件毎に違いはみられなかったが、 d に関して PC と乱数の介入により値が大きくなることが示された。また、最大ぶれ数に関しては乱数の介入・L:R=1:2・PC なしによって大き

くなり、cond11-14（方向転換ありの条件）については PC ないことでぶれは小さくなる。ビット長に関しては PC・乱数・L:R=1:2 のとき大きくなる。以上のことが示され、 d 、ビット長に関して違いが顕著にみられた。

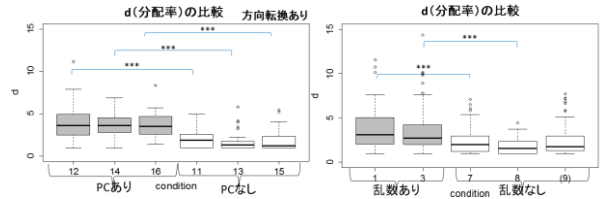


図 3 左は PC 有無で右は乱数有無で d 分布の中央値を比較した結果

7 考察

束における元・補元、またそれによって定義される分配率は本研究に置き換えるとどのようなことが分かるか。まず束における元とは、被験者の意思決定モデルにおける 0 又は 1 出力のための過去の時系列（入力）である。論理において補元は元の否定を意味することから、補元とは入力を相殺し、直進するために理想的な未来を含む対処（応答）の関係に当たる。従って d の増大から、乱数や PC の介入によって入力に対する対処の平均パターン数が増えた、即ち進行方向の調整の仕方が多様になると解釈出来る。理由は直進移動を正しく遂行するためには PC によって動かされる度に進路修正が必要となること、乱数による移動距離が不明瞭であるが故、不確定な入力に対する対処が必要なためだと考えられる。

8 結び

過去の入力状態を踏まえ直進方向へと正すこと「反対すること」は、妨害を含む入力に対して多様化する。また、対処パターンの増加から、単に入力状態に従うか否かだけでは特徴付けられない「賛成・反対」で割り切れない複雑な対処パターンをもつことが示された。以上を踏まえ、評価の難しい状況下に見られる意思決定について「賛成・反対」だけでは割り切れない複雑な論理に従う推論過程が特徴の一つと言える。

参考文献

Ganter B. & Wille R. (1999). Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations. Springer, Berlin